

METHOD OF MANUFACTURING REFLECTION TYPE MASK

Publication number: JP2001291661

Publication date: 2001-10-19

Inventor: HOSHINO EIICHI

Applicant: FUJITSU LTD

Classification:

- international: G03F1/16; H01L21/027; H01L21/302; H01L21/306;
H01L21/3065; G03F1/16; H01L21/02; (IPC1-7):
H01L21/027; G03F1/16; H01L21/306; H01L21/3065

- european:

Application number: JP20000111908 20000407

Priority number(s): JP20000111908 20000407

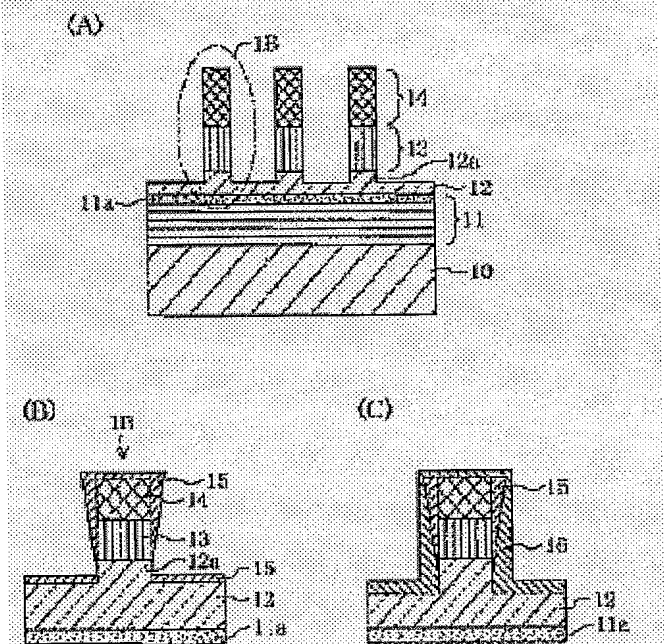
Report a data error here

Abstract of JP2001291661

PROBLEM TO BE SOLVED: To prevent the removal of a most upper layer of a reflector formed of a multilayer film, by overetching and also prevent the formation of a relatively large taper on the sidewall of a pattern of a SiO₂ buffer film and the consequent projection of a bottom edge of the taper from a bottom edge of an absorber.

SOLUTION: A Ta absorber 13 is kept in a reactive ion-overetched state, until a part of the SiO₂ buffer film 12 is removed. The SiO₂ buffer film 12 is removed in two stages through reactive sputter underetching and wet etching. In the first stage, the SiO₂ buffer film 12 is reactive sputter underetched, to such a degree that α -Si 11a in the lower layer is not exposed. In the second stage, the rest of the SiO₂ buffer film is removed by diluted hydrogen fluoride.

本発明の一実施形態の特徴部分説明図であり、(A)は反射型マスクの製造において、吸収体13を反応性イオンオーバーエッチングした状態を示す概略断面図、(B)は(A)中の部分1Bの拡大断面図、(C)は(B)の状態からさらにSiO₂バッファ膜12を反応性スパッタアンダエッチングした状態を示す断面図



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-291661

(P2001-291661A)

(43) 公開日 平成13年10月19日 (2001. 10. 19)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テーマコード* (参考)
H 0 1 L 21/027		G 0 3 F 1/16	A 2 H 0 9 5
G 0 3 F 1/16		H 0 1 L 21/30	5 3 1 M 5 F 0 0 4
H 0 1 L 21/3065		21/302	J 5 F 0 4 3
21/306		21/306	D 5 F 0 4 6

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 7 頁)

(21) 出願番号 特願2000-111908(P2000-111908)

(22) 出願日 平成12年4月7日 (2000. 4. 7)

(出願人による申告) 国等の委託研究の成果に係る特許出願 (平成11年度新エネルギー・産業技術総合開発機構「電子デバイス基盤技術開発事業 (縮小X線露光プロセス技術とアクティブ反射構造形成技術)」委託研究、産業活力再生特別措置法第30条の適用をうけるもの)

(71) 出願人 000005223

富士通株式会社

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号

(72) 発明者 星野 栄一

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通株式会社内

(74) 代理人 100092587

弁理士 松本 眞吉

Fターム(参考) 2H095 BA10 BB15 BB16

5F004 BA04 DA04 DA11 DA23 DA26

DB03 DB08 EA05 EA06 EB07

5F043 AA31 BB22 DD13 EE07

5F046 GD01 GD03 GD07 GD10 GD15

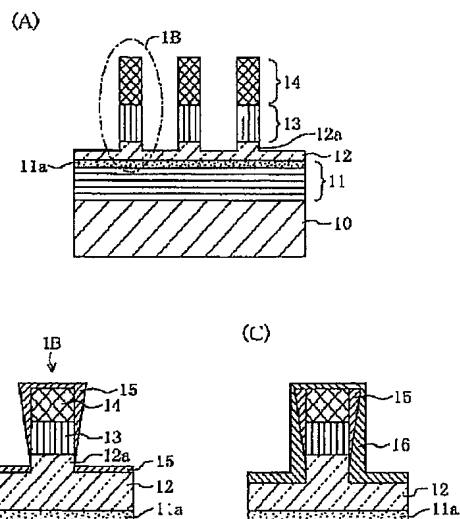
(54) 【発明の名称】 反射型マスク製造方法

(57) 【要約】

【課題】 多層膜反射体の最上層がオーバーエッチングで除去されてしまうのを防止し、かつ、 SiO_2 バッファ膜のパターン側壁に比較的大きなテーパーが形成されてそのボトムエッジが吸収体のボトムエッジから外側へ突出するのを阻止する。

【解決手段】 SiO_2 バッファ膜12の一部が除去されるまでTa吸収体13を反応性イオンオーバーエッチングした状態で、 SiO_2 バッファ膜12を反応性スパッタアンダエッチングとウェットエッチングとの2段階で除去する。すなわち、第1段階において、 SiO_2 バッファ膜12を下層の $\alpha\text{-Si11a}$ が露出しない状態まで反応性スパッタアンダエッチングし、第2段階において、希フッ酸で残りの SiO_2 バッファ膜を除去する。

本発明の一実施形態の特徴部分説明図であり、(A)は反射型マスクの製造において、吸収体13を反応性イオンオーバーエッチングした状態を示す概略断面図、(B)は(A)中の部分1Bの拡大断面図、(C)は(B)の状態からさらに SiO_2 バッファ膜12を反応性スパッタアンダエッチングした状態を示す断面図



【特許請求の範囲】

【請求項1】 多層膜反射体上に SiO_2 パフ膜を介して吸収体膜が形成され、その上にエッチングマスクが形成された基板に対し、該吸収体膜をエッチングで除去した後、該 SiO_2 パフ膜をエッチングで除去し、さらに該エッチングマスクを除去する反射型マスク製造方法において、

該吸収体膜のエッチング工程では、第1反応性ガスで反応性イオンオーバエッチングし、これにより SiO_2 パフ膜の側壁に、該吸収体の物質と該第1反応性ガスとの化合物を含む第1付着物を付着させ、

該 SiO_2 パフ膜のエッチング工程では、第2反応性ガスで反応性スパッタアンダエッチングし、これにより該第1付着物及び該 SiO_2 パフ膜の表面に、該第2反応性ガスの化合物を含む第2付着物を付着させ、

次に、残存する SiO_2 パフ膜を、該第2付着物に対する溶解度が該第1付着物に対するそれよりも大きい反応性液体でウェットエッチングすることにより除去する、

ことを特徴とする反射型マスク製造方法。

【請求項2】 上記吸収体膜はTaであり、上記第1反応性ガスは塩素系ガスであり、上記第1付着物は主にTaの塩化物であり、上記第2反応性ガスはフッ素系ガスであり、上記第2付着物はフッ化カーボン系の物質を含み、上記反応性液体は希フッ酸である、ことを特徴とする請求項1記載の反射型マスク製造方法。

【請求項3】 上記ウェットエッチングの時間は、上記残存 SiO_2 パフ膜の厚さ分をエッチングする時間に、その時間以下の時間を加えた値である、ことを特徴とする請求項2記載の反射型マスク製造方法。

【請求項4】 上記希フッ酸の濃度は約3.3%である、ことを特徴とする請求項3記載の反射型マスク製造方法。

【請求項5】 上記多層膜は、MoとSiとの対が複数回積層され、最上層が、該対のSiよりも厚い $\alpha\text{-Si}$ である、ことを特徴とする請求項1乃至4のいずれか1つに記載の反射型マスク製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、半導体集積回路のパターンを縮小投影露光により基板に転写するための反射型マスク製造方法に係り、特に極端紫外線(EUV)リソグラフィ用反射型マスク製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】半導体集積回路素子の微細化に伴ない、

解像度向上のため波長が3~30nmのEUVリソグラフィが用いられている。EUVに対する透過物質の屈折率が1に極めて近いこと、屈折レンズの代わりに反射鏡を用いた縮小投影光学系が用いられ、マスクも反射型が用いられる。

【0003】このマスクの製作においては、低膨張ガラス又はSiの基板上に、EUVの波長が13.5nmである場合その光を70%近く反射する、MoとSiとを交互に積層した多層膜反射体が形成され、その上に、パフ膜層としての SiO_2 を介し吸収体13としてのTaが成膜され、さらに不図示のレジストが被着されてマスクブランクが完成する。

【0004】このレジストは所望の回路パターンに基づき電子ビームで選択的に露光され、次いで現像されて、所望のパターンを有するエッチングマスクが形成される。

【0005】このマスクを用いて、Ta吸収体と SiO_2 パフ膜とが選択的にエッチングされ、さらにエッチングマスクが除去される。

【0006】従来では、反応性ガスとして塩素系ガスを用いたプラズマエッチングで、最初にTa吸収体を、 SiO_2 パフ膜(ストッパ膜)が露出するまで選択的に除去した。

【0007】次に、反応性ガスとしてフッ素系ガスを用いたプラズマエッチングで SiO_2 パフ膜を選択的に除去した。

【0008】その後、プラズマアッシング等でレジストマスクを除去して、反射型マスクを完成した。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】しかし、多層膜反射体の保護膜として最上層が $\alpha\text{-Si}$ で終端されているため、 SiO_2 パフ膜のプラズマエッチング工程ではオーバエッチングが生ずる。パフ膜の厚みが40~50nmであるのに対し、最上層 $\alpha\text{-Si}$ は、EUV光の吸収を小さくするため10nm以下の非常に薄い膜厚を有するので、次層のMo層までオーバエッチングが生ずることもあり、EUV光反射率が低下するという問題があった。

【0010】一方、 SiO_2 パフ膜をフッ酸などでウェットエッチングすれば、図7(B)に示す如く、下層の $\alpha\text{-Si}$ 11aがエッチングで除去されないが、等方性エッチングであるため、 SiO_2 パフ膜12のパターン側壁に比較的大きなテーパが形成され、そのボトムエッジBEが吸収体13のボトムエッジから外側へ突出してパターン側壁付近のEUV光反射率が低下する。

【0011】本発明の目的は、このような問題点を鑑み、多層膜反射体の最上層がオーバエッチングで除去されてしまうのを防止し、かつ、 SiO_2 パフ膜のパターン側壁に比較的大きなテーパが形成されてそのボト

ムエッジが吸収体のボトムエッジから外側へ突出するのを阻止することを可能にする反射型マスク製造方法を提供することにある。

【0012】

【課題を解決するための手段及びその作用効果】本発明による反射型マスク製造方法では、多層膜反射体上に SiO_2 バッファ膜を介して吸収体膜が形成され、その上にエッチングマスクが形成された基板に対し、該吸収体膜をエッチングで除去した後、該 SiO_2 バッファ膜をエッチングで除去し、さらに該エッチングマスクを除去する過程において、該吸収体膜のエッチング工程では、第1反応性ガスで反応性イオンオーバエッチングし、これにより SiO_2 バッファ膜の側壁に、該吸収体の物質と該第1反応性ガスとの化合物を含む第1付着物を付着させ、該 SiO_2 バッファ膜のエッチング工程では、第2反応性ガスで反応性スパッタアンダエッチングし、これにより該第1付着物及び該 SiO_2 バッファ膜の表面に、該第2反応性ガスの化合物を含む第2付着物を付着させ、次に、残存する SiO_2 バッファ膜を、該第2付着物に対する溶解度が該第1付着物に対するそれよりも大きい反応性液体でウェットエッチングすることにより除去する。

【0013】この方法によれば、 SiO_2 バッファ膜が反応性スパッタアンダエッチングされた後にウェットエッチングされるので、多層膜反射体の最上層がオーバエッチングで除去されてしまうのを防止することができる。

【0014】また、エッチング液が SiO_2 バッファ膜側壁へ浸透するまでの時間が長くなり、この部分のエッチング進行がバッファ膜表面へのそれよりも遅れるので、 SiO_2 バッファ膜のパターン側壁に形成されるテーパーが比較的小さく、バッファ膜のボトムエッジが吸収体のボトムエッジから外側へ突出するのを阻止することが可能になる。

【0015】本発明の他の目的、構成及び効果は以下の説明から明らかになる。

【0016】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照して本発明の一実施形態の反射型マスク製造方法を説明する。複数の図中の対応する同一又は類似の構成要素には、同一又は類似の符号を付している。

【0017】この反射型マスク製造方法では、図1(A)に示す如く、 SiO_2 バッファ膜12の一部が除去されるまでTa吸収体13を反応性イオンオーバエッチングした状態で、 SiO_2 バッファ膜12を反応性スパッタアンダエッチングとウェットエッチングとの2段階で除去することを特徴としている。すなわち、第1段階において、 SiO_2 バッファ膜12を下層の $\alpha\text{-Si11a}$ が露出しない状態まで反応性スパッタアンダエッチングして図1(C)に示すような状態にし、第2段階

において、希フッ酸で残りの SiO_2 バッファ膜を除去する。

【0018】次に、この方法を詳説する。

【0019】吸収体13を塩素系ガスで反応性イオンエッチングすると、図1(B)に示す如く、パターン側壁を保護するようにTaの塩化物などの付着物15が付着して、異方性エッチングが行われる。 SiO_2 バッファ膜12がオーバエッチングされ、その表面も同様に付着物15が付着する。

【0020】この状態で希フッ酸を SiO_2 バッファ膜12のエッチング液として作用させれば、付着物15が主にTaの塩化物であるため、希フッ酸が SiO_2 バッファ膜12へ浸透しやすく、エッチング速度が遅くなる。この場合、垂直方向と水平方向のエッチング速度が等しいため、 SiO_2 バッファ膜12の側壁は図7

(B)に示す如く比較的大きなテーパー形になる。

【0021】これを避けるため、図1(A)中の部分1Bを拡大した図1(B)の状態から反応性ガスとしてフッ素系ガスを用いた反応性スパッタアンダエッチングを行って、図1(C)に示す状態にする。このエッチングでは、パターン表面上にカーボンやフッ化カーボン系の付着物16がパターン側壁に付着するとともに SiO_2 バッファ膜12の一部が除去される。 SiO_2 バッファ膜12の表層に堆積した付着物15は該スパッタエッチングされて除去されるが、側壁に付着した付着物15は、フッ素系ガスプラズマの側壁保護効果によって残存する。

【0022】この状態でエッチング液として希フッ酸を作用させると、吸収体13とバッファ膜パターン12aとの境界付近のパターン側壁に付着物15が残っているので、エッチング液がバッファ膜パターン12aへ浸透するまでの時間が長くなり、この部分のエッチング進行が遅れる。これに対し、バッファ膜12の表面は、カーボンやフッ化カーボン系の付着物16で覆われているだけなので、バッファ膜12のエッチング進行がパターン12aのそれより相対的に速くなる。

【0023】図2は、付着物15のみで被われた SiO_2 バッファ膜と、付着物16のみで被われた SiO_2 バッファ膜とを、濃度3.3%の希フッ酸液でウェットエッチングした場合のエッチング時間に対するエッチング深さの実験結果を示すグラフである。

【0024】この図2から、付着物15のみで被われた場合には、 SiO_2 バッファ膜のエッチング開始時間が遅くなって、同じエッチング深さを得るのに多くの時間を要することがわかる。

【0025】このようなことから、希フッ酸で残りの SiO_2 バッファ膜を、その側壁に小さなテーパーがついた状態で除去することができ、これにより、 SiO_2 バッファ膜のボトムエッジが吸収体のボトムエッジから外側へ突出するのが阻止されて、EUV光反射率がパターン

壁付近で低下するのを防止することができる。

【0026】

【実施例】次に、上記反射型マスク製造方法の実施形態の一実施例を説明する。

【0027】(1) マスクブランク作成—図3(A)

直径6インチのSiウェーハ基板10上に、EUV光反射部として、周期長6.9nmのMoとSiとの対が40層対積層された多層膜反射体11を形成した。但し、最上層は8nmの α -Si保護膜11aである。この上にバッファ膜12として、RFマグネトロンスパッタ法でSiO₂を40nm成膜した。さらに、DCマグネ

トロンスパッタ法で吸収体13としてTaを100nm成膜した。Taの結晶構造が柱状であるため、Ta粒子がスパッタリングによる下地のSiO₂バッファ膜12に衝突し、侵入して1nm以下の混合層が生じた。

【0028】(2) エッチングマスク14形成—図3(B)

吸収体13上にエッチングマスクを形成するために、スピコート法でレジストとして日本ゼオン製ZEP7000を厚さ330nm塗布し、ホットプレートで150℃、3分間ベーキングを行った。次に、このレジストに対し電子線描画法で所望のマスクパターンを描画した。その後、スピン現象法で、現像液として日本ゼオン製ZED500、リンス液としてメチルイソブチルケトンを使用して、パターンを現像した。

【0029】(3) 吸収体13の反応性イオンオーバエッチング—図1(A)及び図1(B)

20.0ml/minのCl₂ガスと80.0ml/minのBCl₃ガスとの反応性混合ガスを用い、その圧力を0.5Paにして、Ta吸収体13を、SiO₂バッファ膜(ストップ膜)12の表層が完全に露出するまで反応性イオンエッチングした。マイクロ波電力は600W、RF電力は30Wであった。エッチング時間は、Ta吸収体13を150%エッチング可能な時間であった。

【0030】(4) SiO₂バッファ膜12の反応性スパッタアンダエッチング—図4(A)

200.0ml/minのArガスと10.0ml/minのC₄F₈ガスと20.0ml/minのO₂ガスとの反応性混合ガスを用い、その圧力を1.0Paにして、SiO₂バッファ膜12を α -Si11aの表面が露出しない程度まで反応性スパッタアンダエッチングした。マイクロ波電力は400W、RF電力は15Wであった。

【0031】(5) SiO₂バッファ残膜12のウェットエッチング—図4(B)

SiO₂バッファ残膜12のエッチング時間を決めるため、フッ酸(HF)の濃度とエッチングレートとの関係を調べた。

【0032】図6は、浸漬時間が10秒であるときの、

フッ酸濃度に対するSiO₂のエッチング深さの実験結果を示す。

【0033】この図6から、ウェットエッチングのフッ酸濃度を3.3%に決めた。なぜならば、膜厚40nmのSiO₂が数十秒間でエッチングされることは非常に制御性が良いからである。

【0034】SiO₂バッファ膜12の残膜厚を4.6nmにした場合、基板を濃度3.3%のHF液に30秒間浸漬することにより、サイドエッチングによるテーパが小さくて良好なSiO₂バッファ膜12のパターン形状を得た。

【0035】基板と平行な方向については、サイドエッチングにより、吸収体13及びSiO₂バッファ残膜12の形状は、例えば図7(A)に示す如くなる。サイドエッチング量を表すために、吸収体13のボトムエッジを原点とし、基板と平行でエッジから内側の方向をX軸とする。そして、SiO₂バッファ残膜12のトップエッジ及びボトムエッジのX座標をそれぞれTE及びBEで表す。図7(A)はTE>BE>0である場合を示し、図7(B)はTE>0>BEである場合を示す。

【0036】図8は、SiO₂バッファ膜12のエッチング時間に対するエッジ位置Xの実験結果を示す。TE1~TE3及びBE1~BE3はそれぞれ、上記ドライエッチングによりSiO₂バッファ残膜12が21.0nm、12.8nm及び4.6nmである場合に上記ウェットエッチングを行ったときのトップエッジ位置TE及びボトムエッジ位置BEである。

【0037】図8から明らかなように、エッチング時間を30秒間に固定したとき、エッチングされるSiO₂バッファ残膜12の膜厚が12.8nm及び4.6nmのいずれであってもボトムエッジ位置BEは5nm程度である。

【0038】したがって、もしウェットエッチング前のSiO膜厚の目標値が(12.8+4.6)/2=8.7nmであれば、実際の値が該目標値から±4.1nmの範囲でばらついても、ボトムエッジ位置BEを5nm程度にすることができる。

【0039】厚さ40nmのSiO₂バッファ膜12の成膜誤差が±2nmであるとすれば、Ta吸収体13をオーバエッチングした後に、SiO₂バッファ膜12のドライエッチング誤差が±2nm以内であれば、両誤差合計が上記±4.1nmの範囲内である。このドライエッチング誤差は、SiO₂バッファ膜12のドライエッチング量(35-8.7=26.3nm)に対し、およそ±7.6%に相当する。この値は、市販のプラズマエッチング装置であれば、十分実現できる値である。

【0040】一般に、サイドエッチングによるテーパが小さくて良好なSiO₂バッファ膜12のパターン形状を得るには、HF液の濃度が3.3%である場合、この浸漬時間を、凡そ、残存SiO₂バッファ膜12の厚さ

分をエッチングする時間に、その時間以下の時間を加えた値に決めればよいことが分かった。

【0041】なお、エッチングマスクに使用したレジスト(ZEP7000)は、フッ酸で溶解するので、溶解したレジストがエッチングレートに影響を与えないようにするため、新鮮なエッチング液をマスクに連続的に供給する必要がある。このため、ウェットエッチング装置には、スプレー又はバドル方式を使うことが望ましい。

【0042】(6)エッチングマスク14の除去—図5最後に、残っているエッチングマスク14を、ArとO₂の反応性ガスでプラズマアッシングして除去した。

【0043】なお、本発明には外にも種々の変形例が含まれる。

【0044】例えば、吸収体13は入射光を吸収するものであればよく、W、Pt、Au又はGeなどの重金属であってもよい。

【0045】多層膜反射体11はCr、Ni、Mo、Ru、Rh、W又はReなどの重元素の膜と、Be、B、C又はSiなどの軽元素の膜との対の多層対であって、入射光に対しブラッグ反射条件を満たすときに反射が生ずるものであればよい。

【0046】基板10は、多層膜反射体11に乱れが生じてその反射率が低下しない程度に表面が光学研磨されていればよく、ガラスであってもよい。

【0047】バッファ膜12は、CVD(chemical vapor deposition)装置を用い、多層膜反射体11が破壊されない温度範囲、例えば150℃以下で成膜してもよい。また、膜質の異なったSiO₂バッファ膜12を成膜した場合には、上記ウェットエッチングのエッチングレートを上げるために、希フッ酸にフッ化アンモニウムを添加してもよい。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施形態の特徴部分説明図であり、(A)は反射型マスクの製造において、吸収体13を反応性イオンオーバエッチングした状態を示す概略断面図、(B)は(A)中の部分1Bの拡大断面図、(C)

は(B)の状態からさらにSiO₂バッファ膜12を反応性スパッタアンダエッチングした状態を示す断面図である。

【図2】、付着物15のみで被われたSiO₂バッファ膜と、付着物16のみで被われたSiO₂バッファ膜とを、濃度3.3%の希フッ酸液でウェットエッチングした場合の、エッチング時間に対するエッチング深さの実験結果を示すグラフである。

【図3】(A)はマスクブランクの概略断面図であり、(B)はこのマスクブランク上にエッチングマスクが形成された状態を示す概略断面図である。

【図4】(A)は図1(A)の状態に対しSiO₂バッファ膜12を反応性スパッタアンダエッチングした後の状態を示す概略断面図であり、(B)はさらにウェットエッチングした後の状態を示す概略断面図である。

【図5】図4(B)の状態に対しエッチングマスク14を除去した後の状態を示す概略断面図である。

【図6】浸漬時間が10秒であるときの、フッ酸濃度に対するSiO₂のエッチング深さの実験結果を示すグラフである。

【図7】サイドエッチングによりテーパーが形成されたSiO₂バッファ膜の、吸収体13のボトムエッジに対するトップエッジ位置TE及びボトムエッジ位置BEの説明図である。

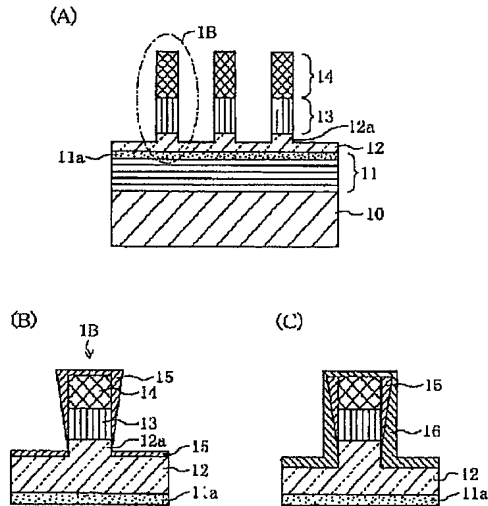
【図8】反応性スパッタアンダエッチングされたSiO₂バッファ膜のウェットエッチング時間に対するエッジ位置Xの実験結果を示すグラフである。

【符号の説明】

- 10 基板
- 11 多層膜反射体
- 11a 保護膜
- 12 バッファ膜
- 12a バッファ膜パターン
- 13 吸収体
- 14 エッチングマスク
- 15、16 付着物

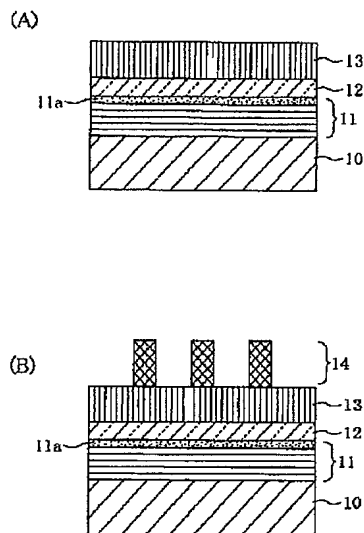
【図1】

本発明の一実施形態の特徴部分説明図であり、(A)は反射型マスクの製造において、吸収体13を反応性イオンオーバエッチングした状態を示す概略断面図、(B)は(A)中の部分1Bの拡大断面図、(C)は(B)の状態からさらに SiO_2 バフファ膜12を反応性スパッタアンダエッチングした状態を示す断面図



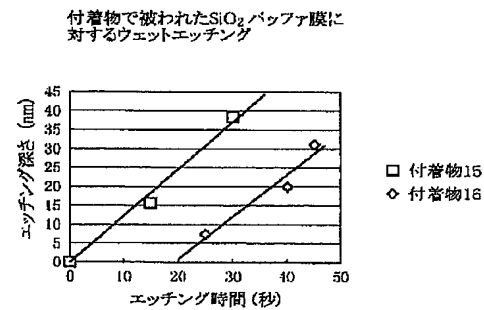
【図3】

(A)はマスクブランクの概略断面図であり、(B)はこのマスクブランク上にエッチングマスクが形成された状態を示す概略断面図



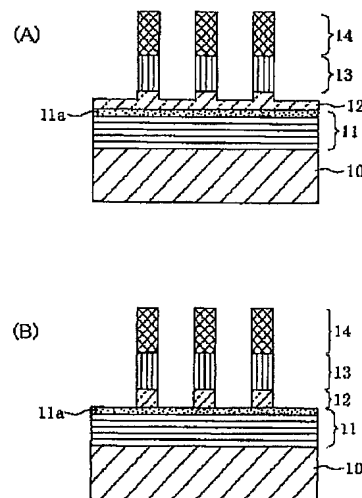
【図2】

付着物15のみで被われた SiO_2 バフファ膜と、付着物16のみで被われた SiO_2 バフファ膜とを、濃度3.3%の希フッ酸液でウェットエッチングした場合の、エッチング時間に対するエッチング深さの実験結果を示すグラフ



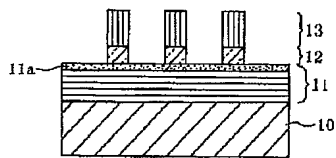
【図4】

(A)は図1(A)の状態に対し SiO_2 バフファ膜12を反応性スパッタアンダエッチングした後の状態を示す概略断面図であり、(B)はさらにウェットエッチングした後の状態を示す概略断面図



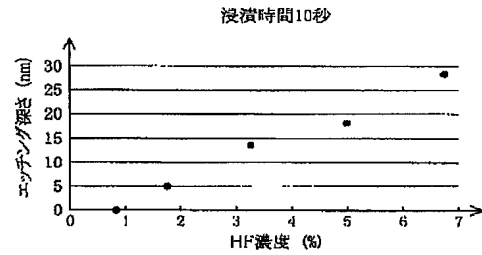
【図5】

図4(B)の状態に対しエッチングマスク14を除去した後の状態を示す概略断面図



【図6】

浸漬時間が10秒であるときの、フッ酸濃度に対するSiO₂のエッチング深さの実験結果を示すグラフ



【図8】

反応性スパッタアンダエッチングされたSiO₂パツファ膜のウェットエッチング時間に対するエッジ位置Xの実験結果を示すグラフ

【図7】

サイドエッチングによりテーパが形成されたSiO₂パツファ膜の、吸収体13のボトムエッジに対するトップエッジ位置TE及びボトムエッジ位置BEの説明図

